SNI 8476:2018

Standar Nasional Indonesia

Metode penilaian dan pengujian terhadap kinerja pendingin air sejuk dengan sistem kompresi uap

ICS 27.200

Badan Standardisasi Nasional

Daftar Isi

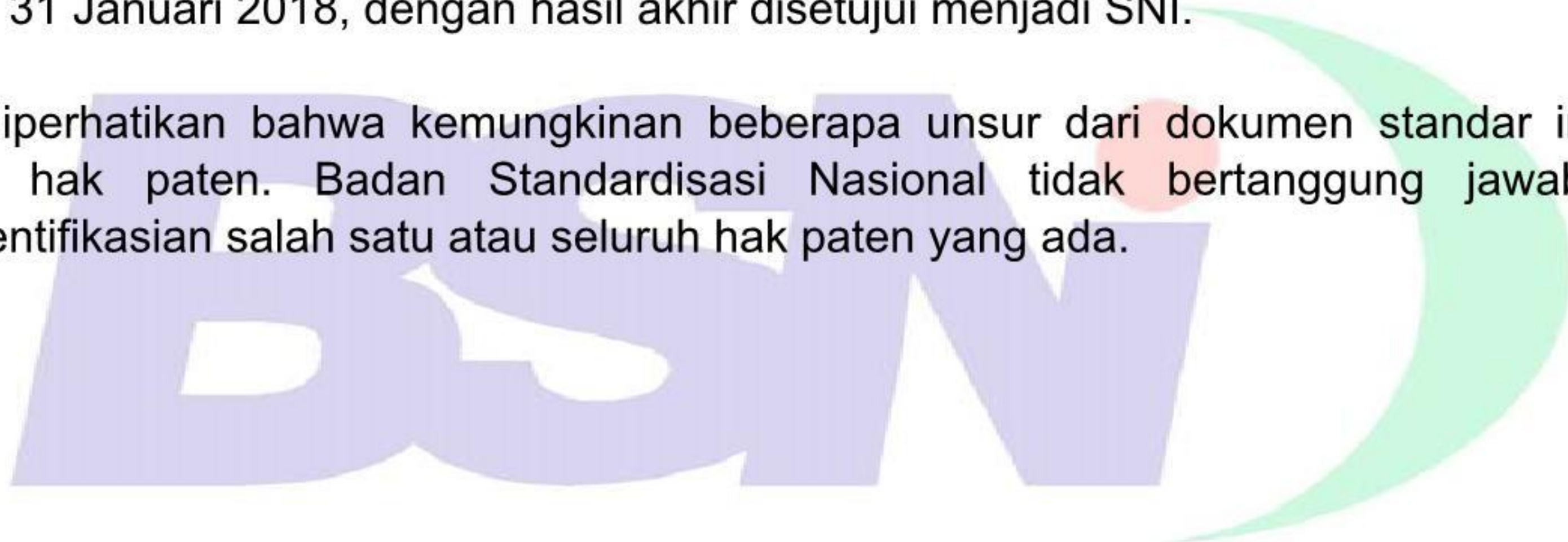
Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 8476:2017, *Metode penilaian dan pengujian terhadap kinerja pendingin air sejuk dengan sistem kompresi uap* merupakan standar baru.

Dalam rangka mempromosikan penekanan pasar bagi chiller dengan meningkatkan standar kinerja efisiensi yang lebih tinggi, yang pada gilirannya akan mendorong penghematan energi dan menekan produksi gas rumah kaca. Maka perlu disusun suatu Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai upaya untuk menggerakkan transisi industri ke arah sistem industri dan komersial yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan, serta mendukung perbaikan standar terkait untuk kinerja energi chiller di Indonesia.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 27-07, *Sistem Refrigeran.* Standar dan telah dibahas dalam Rapat Teknis serta disepakati pada Rapat Konsensus di Jakarta, pada tanggal 3 Oktober 2017 yang dihadiri oleh Komite Teknis, Produsen, Konsumen, Pemerintah, Asosiasi, Perguruan Tinggi, dan Instansi pemerintah terkait lainnya.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 17 Oktober 2017 sampai dengan tanggal 31 Januari 2018, dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Metode penilaian dan pengujian terhadap kinerja pendingin air sejuk dengan sistem kompresi uap

1 Ruang lingkup

Standar ini membahas mengenai prosedur untuk menilai dan menguji paket pendingin air sejuk (*liquid-chilling packages)* dengan sistem kompresi uap yang digunakan pada jangkauan aplikasi temperatur sebagaimana yang dideskripsikan dalam Ketentuan Sub pasal 0 dan dijelaskan dalam ketentuan Sub pasal 0.

Standar ini mencakup paket pendingin air sejuk dengansistem kompresi uap dengan kapasitas pendinginan sebesar 350 kW atau lebih dengan kondensor berpendingin udara atau air, yang bekerja pada frekuensi daya 50 Hz.

Standar ini tidak mencakup:

(a) Paket pendingin air sejuk yang digerakkan oleh selain motor listrik;

(b) Paket pendingin air sejuk yang dengan fan sentrifugal;

(c) Paket pendingin air sejuk dengan kondensor jarak jauh; dan

(d) Paket pendingin air sejuk untuk fluida selain air;

Standar ini mencakup penilaian dengan pembebanan penuh dan pembebanan parsial untuk memungkinkan analisis energi dari unit dalam aplikasi yang berbeda.

2 Acuan normatif

Standar ini tidak dapat dilaksanakan tanpa menggunakan dokumen referensi di bawah ini.

SNI ISO 817, *Refrigeran – Penamaan dan klasifikasi keamanan*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dokumen ini, istilah dan definisi berikut ini berlaku.

3.1
kondenser berpendingin udara (*air-cooled condenser*)
komponen sistem refrigerasi yang mengkondensasi uap refrigeran dengan melepas kalor pada udara yang bersirkulasi di atas permukaan penukar kalor sehingga menyebabkan peningkatan temperatur udara. Refrigeran dapat juga mengalami *desuperheating* dan *subcooling*

3.2
paket pendingin air sejuk *(Liquid-chilling packages)*
barang rakitan buatan pabrik yang terdiri dari satu atau lebih kompresor, kondensor dan evaporator, *metering device* atau alat ekspansi dengan interkoneksi dan aksesori, didesain bertujuan untuk mendinginkan air. Merupakan sebuah mesin yang secara spesifik didesain

untuk memanfaatkan siklus refrigerasi kompresi uap dengan menghilangkan kalor dari air dan melepaskannya ke medium pendingin, biasanya udara ataupun air

3.3
kondensor berpendingin air (*water-cooled condenser)*
alat perpindahan kalor yang membantu proses perindahan kalor refrigeran ke air yang menyebabkan refrigeran mengalami kondensasi dan air pun memanas. Peristiwa *desuperheating* dan *subcooling* pada refrigeran dapat terjadi

3.4
titik didih (*boiling point*)
temperatur saturasi dari cairan refrigeran tunggal pada setiap tekanan tertentu (°C)

3.5
titik gelembung (*bubble point*)
temperatur saturasi dari cairan refrigeran campuran (*blend*) pada setiap tekanan tertentu (°C)

3.6
total masukan daya
masukan daya untuk operasi kompresor (kW)

3.7
koefisien kinerja pendinginan (*coefficient of performance* = COP)
rasio perbandingan antara kapasitas pendingan, dalam kW, dengan total masukan daya dalam kW (kW/kW), yang merepresentasikan efisiensi dari paket pendingin air sejuk pada kondisi penilaian tertentu

3.8
kapasitas pelepasan kalor kondensor (*condenser heat rejection capacity*)
kalor yang dilepaskan melalui medium perpindahan kalor dari kondensor per satuan waktu (kW)

3.9
kapasitas pendinginan
kalor yang diberikan dari air ke refrigeran per satuan waktu (kW). Kapasitas pendinginan ditentukan dengan mengukur aliran volume dari air pendingin tersebut dan temperatur masuk dan keluar pada sisi evaporator, turut pula dipertimbangkan kalor spesifik dan massa jenis fluida penukar kalor

Kapasitas pendinginan harus ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$q_{ev} = \frac{Q \times \rho \times c_P \times \Delta t}{1000} \quad (1)$$

Keterangan:

q_{ev} = kapasitas pendinginan (kW);
Q = laju aliran volum (L/sec);
ρ = massa jenis fluida (kg/m^3);
c_P = kalor spesifik pada tekanan konstan (kJ/kg.K);
Δt = selisih temperatur masuk dan keluar (K).

3.10
titik embun (*dew point*)
temperatur (°C) saturasi dari uap refrigeran pada tekanan tertentu

3.11
evaporator
alat perpindahan kalor yang bekerja dengan cara perpindahan kalor antara refrigeran ke air, menyebabkan refrigeran menguap dan mendinginkan air. Peristiwa panas lanjut (*superheat*) pada refrigeran dapat terjadi

3.12
faktor pencemar (*fouling factor*)
resistansi termal akibat dari pencemar yang terakumulasi pada sisi air pada kondenser berpendingin air dan evaporator atau sisi udara pada kondenser berpendingin udara dari permukaan penukarkalor (m^2.K/kW).

3.13
faktor pencemar yang diperbolehkan
ketetapan sebagai antisipasi jika terjadi pencemaranselama pemakaian (m^2.K/kW)

3.14
temperatur refrigeran cair
temperatur dimana refrigeran memasuki alat ekspansi (°C)

3.15
nilai beban parsial (*Part-Load Value=PLV*)
angka yang menyatakan efisiensi pembebanan parsial (*part-load*) dari paket pendingin air sejuk berbasis padaoperasi rata-rata tertimbang (*weighted average*) pada kapasitas pembebanan parsial yang bervariasi dan kondisi spesifik ambient tertentu

3.16
nilai beban parsial tidak standar (*Non-standard Part-load value=NPLV*)
angka yang menyatakan efisiensi pembebanan parsial (*part-load*) untuk paket pendingin air sejuk yang hitung sesuai dengan metode yang dideskripsikan pada Standar ini.

3.17
temperatur keluar kompresor jenuh (*saturated discharge temperatur)*
untuk komponen tunggal dan refrigeran azeotropik, temperatur jenuh bersesuaian terhadap tekanan refrigeran pada saluran keluar kompresor. Untuk refrigeran zeotropik, rata-rata hitungan temperatur titik embun dan titik gelembung bersesuaian dengan tekanan dari refrigeran pada saluran keluar kompresor. Temperatur ini biasanya diambil pada atau setelahkatup servis pada saluran keluar kompresor (pada berbagai kasus, di sisi hilir dari katup), dimana katup keluar (*discharge valve*) digunakan (°C)

3.18
publikasi penilaian
data kinerja pada cakupan operasidari unit pada pembebanan penuh atau parsial dalam bentuk katalog atau keluaran dari program komputer (*computer selection code*)

4 Persyaratan penilaian

4.1 Syarat pengujian

Seluruh pengujian untuk penilaian paket pendingin air sejuk harus dilakukan berdasarkan pada standar ini.

4.2 Kondisi penilaian standar

Publikasi penilaian untuk seluruh paket pendingin air sejuk, sebagaimana yang disebutkan dalam Ketentuan Pasal 0, termasuk dalam penilaian standar yang sesuai pada kondisi penilaian standardalam lingkup batas pengoperasian unit.

Tabel **1** - **Kondisi penilaian standar untuk pendinginan**

Metode	***Water-cooled***	***Air-Cooled***
Kondensor berpendingin air		
Temperatur masuk pada beban penuh	30.6 °C	N/A
Delta T (ΔT)	-	N/A
Laju aliran	0.054 L/s/kW	N/A
Faktor pencemar yang diperbolehkan pada sisi air	0.044 m^2 K/kW	N/A
Kondensor berpendingin udara		
Temperatur udara bola kering koil kondensor saat masuk pada beban penuh	N/A	35.0 °C
Faktor pencemar yang diperbolehkan pada sisi udara	N/A	0.000 m^2 K/kW
Temperatur air evaporator		
Keluar	7 °C	
Delta T (ΔT)	N/A	
Laju aliran	0.043 L/s/kW	
Faktor pencemar yang diperbolehkan pada sisi air	0.018 m^2 K/kW	
Load 100 % Load 75 % Load 50 % Load 25 % Load 0 %	EWT 30.6 °C EWT 30.6 °C EWT 29.4 °C N/A N/A	EDB 35.0 °C EDB 32.0 °C EDB 30.0 °C N/A N/A

KETERANGAN:
LWT = *leaving water temperature*
EWT = *entering water temperature*
EDB = *entering air dry-bulb temperature*

CATATAN:
Metode 1 berdasarkan pada Eurovent Liquid Chilling Packages Certification Programme;
Metode 2 berdasarkan pada ARI 550/590.

Penentuan nilai NPLV harus dihitung sebagaimana berikut:

(a) Tentukan efisiensi pembebanan penuh dan sebagian pada kondisi 100%, 75%, 50%, dan 25% sesuai kondisi dalam Tabel 2;

(b) Gunakan persamaan berikut ini untuk menghitung NPLV;

$$NPLV = 0,03A + 0,53B + 0,44C \quad (2)$$

KETERANGAN:
A = COP saat pembebanan 100%
B = COP saat pembebanan 75%
C = COP saat pembebanan 50%

CATATAN: Kondisi penilaian dari pembebanan parsial diukur menggunakan kondisi relif kondensor sebagaimana tertera pada Tabel 1.

4.3 Aplikasi dari kondisi penilaian

Pengaplikasian penilaian harus mengikutsertakan tingkatan kondisi penilaian atau yang termasuk dalam batas kondisi pengoperasian peralatan berikut:

(a) Semua tipe kondensor:
Temperatur air dingin yang keluar 5 sampai 9 °C.

(b) Kondensor berpendingin air:
Temperatur air kondensor yang masuk 25 sampai 32 °C.

(c) Kondensor berpendingin udara:
Temperatur bola kering dari udara kondensor yang masuk 25 sampai 35 °C.

4.4 Penilaian pembebanan parsial (*part-load*)

Paket pendingin air sejuk yang memiliki kemampuan reduksi kapasitas harus diberi penilaian pada beban 100 % dan pada tiap tingkatan reduksi kapasitas dari sistem refrigerasi tersebut sebagaimana yang dikeluarkan oleh produsen.

Titik-titik penilaian pembebanan parsial berdasarkan kondisi yang terdefinisikan dalam Tabel 1.

5 Publikasi penilaian

5.1 Pemenuhan Standar

Untuk memenuhi standar ini maka penilaian kinerja harus didasarkan pada data pengujian atau model yang diturunkan dari data pengujian.

Publikasi penilaian harus mencakup hal berikut:

(a) Refrigeran berdasarkan pada SNI ISO 817;

(b) Identifikasi nomor desain model dari paket pendingin air sejuk dimana penilaian akan diaplikasikan;

(c) Tegangan dan frekuensi nominal.

5.2 Pencemar yang diperbolehkan

Publikasi penilaian harus menyatakan dengan jelas faktor pencemar yang diperbolehkan. Koreksi serta perhitungan untuk factor pencemar yang berbeda harus dibuat. Penilaian yang diterbitkan menggunakan nominal dari factor pencemar sebagaimana diberikan dalam Tabel 1.

5.3 Penilaian standar

Penilaian standar akan mencakup data berupa:

(a) Untuk seluruh unit:
- (i) Total daya masukan ke paket pendingin air sejuk (kW)
- (ii) Kapasitas pendinginan (kW)
- (iii) Tegangan (V)
- (iv) Frekuensi (Hz)
- (v) COP (kW/kW)
- (vi) Dua dari data berikut:
  1. Temperatur air sejuk memasuki evaporator (°C).
  2. Temperatur air sejuk meninggalkan evaporator (°C).
  3. Perbedaan temperatur air sejuk melalui evaporator (K).
- (vii) Untuk seluruh unit tanpa pompa evaporator terpadu, penurunan tekanan air pada evaporator (kPa). Untuk unit dengan pompa evaporator terpadu, tekanan statis pompa (kPa) berkaitan dengan aliran air.
- (viii) Laju aliran air sejuk (L/s)

(b) Untuk kondensorberpendingin air maka:
- (i) Untuk unit berpendingin air kondensor tanpa pompa kondensor terpadu, penurunan tekanan cairan (kPa). Untuk unit dengan pompa kondensor terpadu, teknanan statis pompa (kPa) berkaitan dengan aliran air kondensor.
- (ii) Sebagai tambahan, untuk semua paket kondensor berpendingin air, maka berlaku dua dari keterangan berikut:
  1. Temperatur air kondensor yang masuk (°C)
  2. Temperatur air kondensor yang keluar (°C)
  3. Laju aliran air kondensor (L/s)

(c) Untuk unit kondensor berpendingin udara, temperatur bola kering (°C) dari udara yang memasuki koil kondensor.

5.4 Informasi pelat nama

Pelat nama harus menampilkan minimum informasi berikut:

(a) Nama dan lokasi produsen manufaktur;

(b) Seri nomor model/desain sehingga memungkinkan penulusuran kinerja;

(c) Penunjukan refrigeran sesuai SNI ISO 817;

(d) Daya, tegangan, fase, arus beban penuh (FLA) dan frekuensi.

6 Toleransi penilaian

6.1 Umum

Penilaian yang diterbitkan dan diakui untuk memenuhi standar ini harus sesuai dengan toleransi yang diperbolehkan sebagaimana yang dispesifikasikan sebagai berikut:

Kapasitas pembebanan penuh dan nilai COP pada beban penuh dan parsial tidak boleh kurang dari 100 % dari penilaian dikurangi toleransi yang diperbolehkan dalam Ketentuan Pasal 0. Penurunan tekanan air di dalam evaporator atau kondensor tidak boleh melebihi 115 % dari penurunan teknanan yang telah terukur (*rated*) sebelumnya pada laju aliran tertentu

pada kondisi terukur apapun. Tekanan pompa dari unit dengan pompa terpadu pada evaporator atau kondensor tidak boleh lebih kecil dari 85% dari nilai tekanan pompa yang telah terukur (*rated*) pada laju aliran tertentu pada kondisi terukur apapun.

6.2 Toleransi yang diperbolehkan

Toleransi yang diperbolehkan untuk kapasitas pendinginan (kW) dan COP (kW/kW) bagi pembebanan penuh dan sebagian ditentukan melaluipersamaan berikut:

Toleransi yang diperbolehkan (dalam persentase) = $10{,}5 - (0{,}07 \times \%\mathrm{FL}) + \frac{833{,}3}{\mathrm{DT_{FL}} \times \%\mathrm{FL}}$ (3)

KETERANGAN:
%FL = persentase kondisi penilaian dari pembebanan penuh yang diambil
DTFL = beda temperatur antara air sejuk yang masuk dan keluar dalam kondisi pembebanan penuh (K)

7 Metode pengujian

7.1 Umum

Paket pendingin air sejuk harus diuji di lokasi di mana instrumentasi dan stabilitas pembebanan tersedia. Standar ini tidak boleh digunakan untuk pengujian di lokasi di mana instrumentasi dibutuhkan dan stabilitas pembebanan tidak tersedia.

Pengujian tidak boleh dimulai terlebih dahulu hingga semua zat tak-terkondensasi telah dikeluarkan dari sistem.

Pengujian harus mengukur kapasitas pendinginan (kW) dengan daya yang dibutuhkan (kW) pada kondisi tertentu yang diatur.

‘Kondisi tunak’ dianggap tercapai atau terjaga ketika semua kuantitas terukur tetap konstan, tanpa ada nilai yang telah ditentukan mengalami perubahan, selama 15 menit. Untuk memastikan kondisi tunak selama pengujian, tiga set data harus diambil dalam selang waktu minimal 5 menit, dan harus berada dalam toleransi yang diberikan pada Tabel 2. Pembacaan harus dilakukan sedekat mungkin untuk meminimalisasi efek kondisi transien.

Tabel **2 - Toleransi yang diperbolehkan untuk nilai tertentu***

Kuantitas	**Toleransi yang diperbolehkan untuk nilai terukur individual dari nilai yang ditentukan**
Air	
Temperatur masuk	$\pm 0{,}3$ K
Temperatur keluar	$\pm 0{,}3$ K
Volume aliran	± 5 %
Perbedaan tekanan statis	$\pm 10\%$
Udara	
Temperatur bola kering	$\pm 0{,}6$ K
Pasokan daya	
Tegangan (380V/3Phase)	$\pm 10\%$
Frekuensi (50Hz)	$\pm 1\%$

7.2 Pengukuran keluaran kapasitas pendinginan dan masukan daya

Semua data yang penting harus dicatat. Ketika kondisi tunak tercapai, tiga set data harus diambil pada selang waktu tidak lebih dari 5 menit.

7.3 Perhitungan hasil

7.3.1 Kapasitas pendinginan dan kapasitas pelepasan kalor

Kapasitas pendinginan dan kapasitas pelepasan kalor harus ditentukan dari rata-rata kapasitas yang dihitung dari tiga set data yang diambil dalam minimal 5 menit setiap pembacaan.

7.3.2 Konsumsi daya

Beberapa persyaratan ini berlaku:

(a) Jika alat konversi frekuensi atau *starter* motor menjadi bagian sirkuit kompresor, masukan daya kompresor harus diukur pada terminal masukan alat konversi frekuensi atau *starter* motor. Jika paket pendingin air sejuk yang diuji tidak dilengkapi dengan *starter* atau konverter frekuensi, maka starter atau konverter frekuensi dengan tipe yang mirip, dengan parameter yang sama, harus digunakan dalam pengujian;

(b) Konsumsi daya peralatan pendukung yang digunakan dalam operasi normal paket pendingin air sejuk harus dimasukkan ke dalam kosumsi daya total;

(c) Untuk kondensor berpendingin udara, konsumsi daya kipas kondensor tidak termasuk ke dalam konsumsi daya total paket pendingin air sejuk.

7.4 Kondisi permukaan penukar kalor

Semua permukaan penukar kalor harus diasumsikan memiliki pencemar yang diperbolehkansebesar nilai yang ditentukan pada Tabel 1 selama pengujian.

Pengujian yang dilakukan berdasarkan standar ini memerlukan pembersihan pada permukaan penukar kalor permukaan (berdasarkan pada instruksi pembuat).

7.5 Pengukuran

Titik-titik pengukuran temperatur dan tekanan harus diatur sehingga didapatkan nilai rata-rata. Perhatian harus diberikan untuk memastikan temperatur air adalah rata-rata dari temperatur aliran jumlah besar (*bulk*).

7.6 Unit dengan pompa-pompa terpadu

Unit harus dijalankan dalam kondisi pompa terpadu bekerja dan resistansi alur eksternaldari fasilitas pengujian disesuaikan sedemikian rupa untuk mendapatkan laju aliran fluida pada kondisi penilaianyang diinginkan. Nilai-nilai berikut harus diukur:

(a) Temperatur air masuk dan keluar evaporator dan/atau kondensor (°C). Temperatur tersebut harus diukur di dekat jalur masuk/keluar ke/dari alat penukar kalor;

(b) Laju aliran air evaporator dan/atau kondensor (L/sec);

(c) Tekanan statis dari air eksternal evaporator dan/atau kondensor (kPa);

(d) Total masukan daya ke unit (kompresor + pompa + kendali) (kW);

(e) Daya pompa (kW).

Daya masukan yang digunakan untuk menghitung COP harus mengeluarkan daya pompa terpadu.

Kapasitas pengujian yang dihitung pada pengujian ini harus menunjukkan kapasitas pendinginan kotor dan kalor kotor yang dilepaskan oleh kondensor.

8 Verifikasi pengujian

8.1 Umum

Untuk kondensor berpendingin air, metode kesetimbangan kalor merupakan keharusan (lihat Ketentuan Sub pasal 8.2).

Untuk kondensor berpendingin udara, metode kesetimbangan kalor tidak diharuskan.

CATATAN: Sebagai pengganti, keakurasian pengujian dapat diverifikasi dengan menggunakan metode instrumentasi redundansi bersamaan yang dijelaskan pada Lampiran B.

8.2 Perhitungan kesetimbangan kalor

Pada umumnya, kerugian kalor atau pendapatan kalor oleh radiasi, konveksi, gesekan bantalan, oli pendingin, dll. relatif kecil dan tidak perlu dipertimbangkan dalam kesetimbangan kalor keseluruhan.

Dengan mengabaikan pengaruh dari kerugian dan pendapatan kalor yang jumlahnya kecil seperti yang disebutkan di atas, persamaan umum keseimbangan kalor adalah sebagai berikut:

$$q_{cd} = q_{ev} + W_{input} \qquad (4)$$

KETERANGAN

q_{cd} = kapasitas pelepasankalor (kW)

q_{ev} = kapasitas pendinginan (kW)

W_{input} = daya listrik masukan ke motor kompresor (kW)

8.3 Persentase kesetimbangan kalor

Kesetimbangan kalor, dalam persentase, didefinisikan sebagai:

$$\frac{(q_{ev}+W_{input})-(q_{cd})}{(q_{cd})} \times 100 \qquad (5)$$

Untuk berbagai macam pengujian paket pendingin air sejuk agar dapat diterima, kesetimbangan kalor (dalam persentase) harus dalam toleransi yang dihitung berdasarkan ketentuan yang ada pada bagian Sub pasal 6.2.

9 Akurasi Instrumentasi

Akurasi instrumentasi harus berada dalam nilai yang dijelaskan dalam Tabel 3.

Instrumen untuk mengukur temperatur, aliran dan daya listrik harus disertifikasi oleh organisasi yang terakreditasi.

Tabel 3 - Akurasi instrumentasi

Kuantitas terukur	Satuan	Akurasi instrumen
Air		
Temperatur	°C	±0,1 K
Perbedaan temperatur	°C	±0,1 K
Volume aliran	L/s	±0,1 % *of reading*
Perbedaan tekanan statis	kPa	±0,5 %
Udara		
Temperatur bola kering	°C	±0,11 K*
Temperatur bola basah	°C	±0,11 K*
Perbedaan tekanan statis	kPa	±5 Pa
Refrigeran		
Temperatur	°C	±0,5 K
Tekanan	kPa	±1 % *of reading*
Kuantitas listrik		
Daya listrik	kW	±1 % *of reading*
Tegangan	V	±0,5 % *of reading*
Arus	A	±1 % *of reading*
Frekuensi	Hz	±0,5 % *of reading*
Kecepatan putar kompresor (hanya untuk pemutar terbuka)	s^{-1}	±0,1 % of reading

10 Data yang dicatat

10.1 Data pengukuran

Data yang dicatat untuk pengujian kapasitas diberikan dalam Tabel **Error! Reference source not found.** Tabel ini mengidentifikasi informasi umum yang dibutuhkan namun tidak dimaksudkan untuk membatasi data yang diperoleh.

Tabel 4 - Nilai yang harus dicantumkan dalam laporan pengujian

Kuantitas terukur atau hasil	Satuan	*Liquid-cooled kondensor*	*Air-cooled kondensor*
kondisi *ambient*			
Temperatur udara, bola kering	°C	√	√
	kPa	N/A	√
Pasokan daya			
Tegangan	V	√	√
Total daya masuk	kW	√	√
Frekuensi	Hz	√	√
air yang didinginkan			
Temperatur inlet	°C	√	√
Temperatur outlet	°C	√	√
Volume aliran	L/s	√	√
Penurunan tekanan	kPa	√	√

Tabel 4 (lanjutan)

Kuantitas terukur atau hasil	Satuan	Liquid-cooled kondensor	Air-cooled kondensor
air kondensor			
Temperatur inlet	°C	√	
Temperatur outlet	°C	√	
Volume aliran	L/s	√	
Penurunan tekanan	kPa	√	
Udara			
Temperatur inlet bola kering	°C		√
Keseimbangan kalor	%	√	

10.2 Informasi peralatan pendukung yang dicatat

Berikut ini adalah informasi yang harus tercatat:

(a) Informasi pelat nama yang cukup untuk melakukan identifikasi secara menyeluruh *liquid-chilling package*, termasuk produsen, model, nomor seri, ukuran, jenis refrigeran dan beban;

(b) Informasi pelat nama motor;

(c) Tanggal, tempat dan waktu pengujian;

(d) Nama pengawas dan saksi pengujian.

11 Pertimbangan pencemar dalam pengujian

Sisi air evaporator dan sisi air kondensor atau sisi udara permukaan penukar kalor harus bersih saat pengujian. Pengujian harus diasumsikan memiliki faktor pencemar sesuai dengan nilai pada Tabel 1.

Untuk menentukan kapasitas paket pendingin air sejuk saat berada dalam kondisi adanya pencemar, prosedur yang ditentukan dalam Lampiran A harus digunakan untuk menentukan penyesuaian untuk temperatur air evaporator dan/atau kondensor.

12 Kinerja energi minimum

Bagian standar ini mencakup metode penentuan kinerja energi minimum paket pendingin air sejuk (*liquid-chilling packages)* dengan sistem kompresi uap yang dideskripsikan dalam Bagian 1 standar ini.

Standar Kinerja Energi Minimum (SKEM) adalah ukuran minimum dari efisiensi energi yang wajib dicapai oleh model paket pendingin air sejuk.

Lampiran A

(normatif)

Metode untuk mensimulasikan faktor pencemar yang diperbolehkan

A1 Cakupan

Lampiran ini menjelaskan metode untuk menyesuaikan kondisi operasi unit uji untuk melakukan simulasi terhadap penilaian pencemar sisi cair yang diperbolehkan.

Permukaan perpindahan kalor diasumsikan memiliki nilai pencemar yang diperbolehkan sebesar nilai pada Tabel 1 saat pengujian. Prosedur ini menentukan cara untuk menyesuaikan temperatur kondensor berpendingin air *(water-cooled)* dan temperatur air evaporator untuk melakukan simulasi terhadap pencemar medan yang diperbolehkan.

Prosedur ini hanya dapat dilakukan untuk sisi air evaporator dan kondensor, namun tidak dapat dilakukan untuk kondensor *air-cooled*.

A2 Prosedur pencemar yang diperbolehkan

A2.1 Turunan dari *log mean temperature difference* (LMTD)

LMTD untuk evaporator dan/atau kondensor dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut pada pencemar medan tertentu yang telah diperbolehkan (*ff*):

$$\mathrm{LMTD} = \frac{R}{\ln\left(1+\frac{R}{S}\right)} \qquad \text{…A1}$$

KETERANGAN:

R = perbedaan temperatur air paling tinggi dan paling rendah
= nilai mutlak $(t_{wl} - t_{we})$, K

S = perbedaan temperatur kecil
= nilai mutlak $(t_{scd} - t_{wl})$, K, untuk kondensor dan kondensor pengembalian kalor
= nilai mutlak $(t_{sev} - t_{w1})$, K, untuk evaporator

A2.2 Turunan dari *incremental log mean temperature difference* (ILMTD)

Tentukan ILMTD dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\mathrm{ILMTD} = \mathrm{FF}\left(\frac{q}{A}\right) \qquad \text{…A2}$$

CATATAN: A (luas) adalah luas permukaan sisi air

Hitung perbedaan temperatur air,TD_a, yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi terhadap pencemar tambahan dengan persamaan berikut:

$$TD_a = S - S_c \qquad \text{…A3}$$

$$S_c = \frac{R}{e^{\square}-1} \qquad \text{…A4}$$

KETERANGAN

S_c = perbedaan temperatur kecil seperti yang diuji dalam kondisi bersih

$$TD_a = S - \frac{R}{e^z - 1} \quad ...A5$$

di mana

$$Z = \frac{R}{LMTD - ILMTD} \quad ...A6$$

Tambahkan perbedaan temperatur air (TD_a) ke temperatur masuk air kondensor atau kurangi perbedaan temperatur air tersebut dari temperatur keluar air evaporator untuk melakukan simulasi faktor pencemar tambahan.

A2.3 Contoh-Pencemar kondensor

Faktor pencemar yang diperbolehkan $ff = 0{,}044\ ^2K/kW$

Pembebanan kondensor $q = 850\ kW$

Temperatur air yang meninggalkan kondensor $T_{wl} = 35°C$

Temperatur air yang memasuki kondensor $T_{we} = 28°C$

Luas permukaan air $A = 50\ m^2$

Temperatur kondensasi jenuh $t_{scd} = 40°C$

$$S = t_{scd} - T_{w1} = 40 - 35 = 5°C$$

$$R = T_{wl} - T_{we} = 35 - 28 = 7°C$$

$$Z = \frac{R}{LMTD - ILMTD} = \frac{7}{7{,}966 - 0{,}748} = 0{,}97$$

$$TD_a = S - \frac{R}{e^z - 1} = 5{,}0 - \frac{7{,}0}{e^{0{,}97} - 1} = 0{,}7\ K$$

Temperatur air kondensor masuk untuk pengujian kemudian dinaikkan 0,7 K untuk menyimulasikan faktor pencemar yang diperbolehkan sebesar $0{,}044 m^2K/kW$. Temperatur cairan kondensor selama pengujian akan menjadi 28+0,7 atau 28,7°C.

A3 Simbol dan tulisan di bawah garis

Berikut adalah simbol dan tulisan di bawah garis yang digunakan dalam persamaan A1 hingga A6:

Simbol:

A = permukaan perpindahan kalor air, m^2, untuk evaporator atau kondensor atau kondensor pengembalian kalor
e = bilangan dasar logaritma natural
q = kapasitas dalam kW
R = perbedaan temperatur air paling tinggi dan paling rendah
S = perbedaan temperatur kecil
T = temperatur, °C

ff = faktor pencemar yang diperbolehkan, m^2.K/kW

t_{scd} = temperatur uap jenuh yang masuk ke kondensor untuk komponen tunggal atau refrigeran azeotrop dan sama dengan Dew point untuk refrigeran azeotrop (pada tekanan discharge kompresor)

t_{scd} = temperatur uap jenuh yang meninggalkan evaporator untuk komponen tunggal atau refrigeran azeotrop dan sama dengan titik embun untuk refrigeran azeotrop.

Tulisan di bawah garis:

a = pencemar tambahan
e = memasuki
ev = evaporator
c = bersih
cd = kondensor
f = pencemar
hrc = pengembalian kalor
l = meninggalkan
w = air
s = jenuh

Bibliografi

[1] SNI 6390:2011, Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung

[2] AS/NZS 4776:2008, *Liquid-chilling packages using the vapour compression cycle*

[3] ARI 550/590: 2015, *Water chilling packages using the vapor compression cycle*

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek/SubKomtek perumus SNI

Komite Teknis 27 – 07 Sistem Refrigeran

[2] Susunan keanggotaan Komtek perumus SNI

Ketua	: Zakiyudin
Wakil Ketua	: Ardiyansyah
Sekretaris	: Seno Ajisaka
Anggota	: Ari Darmawan Pasek
	Herlin Herlianika
	Putu Nadi Astuti
	Budi Noviandi
	Fathurrahman Yudha
	Hasanuddin Yasni
	Asep Hermawan
	Fransiskus Adiansyah

[3] Konseptor rancangan SNI

Rana Yusuf

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Pusat Perumusan Standar
Deputi Penelitian dan Kerjasama Standardisasi
Badan Standardisasi Nasional (BSN)